

PENGAWAL KELAJUAN MOTOR ARUS TERUS (AT) DENGAN MENGGUNAKAN
MIKROPENGAWAL PIC16F877

Oleh

Nurashikin Binti Ismail

Disertasi ini dikemukakan kepada
UNIVERSITI SAINS MALAYSIA

Sebagai memenuhi sebahagian daripada syarat keperluan
untuk ijazah dengan kepujian

SARJANA MUDA KEJURUTERAAN (KEJURUTERAAN ELEKTRIK)

Pusat Pengajian Kejuruteraan
Elektrik dan Elektronik
Universiti Sains Malaysia

Mei 2006

ABSTRAK

Projek 'Pengawal Kelajuan Motor Arus Terus (AT) dengan menggunakan Mikropengawal PIC16F877', adalah bertujuan untuk membina satu sistem pengawal kelajuan motor arus terus dengan penggunaan bantuan mikropengawal jenis PIC16F877. Teknik yang digunakan dalam sistem pengawal ini ialah Pemodulatan Lebar Denyut, PWM. Dalam projek ini, PWM dikawal dengan menggunakan bahasa pengaturcaraan yang telah diprogramkan ke dalam PIC 16F877. Secara umumnya, projek ini terbahagi kepada dua bahagian utama iaitu penyediaan aturcara kawalan ke dalam mikropengawal dan reka bentuk litar pemacu motor serta litar untuk sistem suap balik. Dalam penyediaan aturcara kawalan bagi motor, perisian PicBasic Pro Compiler digunakan untuk mengawal operasi pemproses tersebut. Reka bentuk litar pemacu motor pula melibatkan penggunaan litar Jambatan-H untuk menerima keluaran dari mikropengawal dan memacu motor arus terus supaya berputar. Oleh kerana reka bentuk projek ini merupakan suatu sistem gelung tertutup, satu litar foto pengesan dibina untuk mendapatkan keluaran dalam bentuk denyut sebagai masukan suap balik ke dalam mikropengawal. Pemrograman mikropengawal dan reka bentuk litar yang diperlukan di dalam projek ini, dibina secara berperingkat untuk memastikan litar-itar boleh berkomunikasi dengan baik. Proses reka bentuk ini dapat mengenal pasti masalah yang timbul dengan mudah dan sebarang tindakan penyelesaian dapat dijalankan dengan teratur. Aplikasi kawalan motor sebegini boleh digunakan sebagai asas dalam sistem kawalan sebuah robot dan juga alat permainan kanak-kanak.

ABSTRACT

The purpose of the project 'Precision Speed Control of a DC Motor Using Microcontroller PIC16F877' is to develop a system that can control speed of a direct current (DC) motor by using a microcontroller type PIC16F877. The technique that is used in this control system is called as Pulse Width Modulation, PWM. In this project, PWM is controlled by the programming language which is already programmed into the PIC16F877. Generally, this project is divided into two main sub-groups that provide the control program into the microcontroller and also by design a motor drive circuit and a feedback circuit. In the control program for motor, software called PicBasic Pro Compiler is used to control operation of the processor. Then in designing a motor drive circuit, it is involved the consumption of an H-Bridge circuit to receive output from the microcontroller and then drive the direct current motor to rotate. Since this project design is a closed-loop control system, a photo detector circuit is build to get the output pulse as a feedback input to the microcontroller. Programming the microcontroller and design the circuit that is needed in this project, is done periodically in order to confirm that all the combination circuits could communicate and operate well. This motor control application could be use as a basis in a robot control system and also for kids toys.

ISI KANDUNGAN

	Muka surat
ABSTRAK	i
ISI KANDUNGAN	iii
SENARAI RAJAH	v & vi
SENARAI JADUAL	vii
PENGHARGAAN	viii
BAB 1	PENGENALAN
1.1	Objektif 1
1.2	Latar belakang Projek 2
1.3	Panduan Laporan 6
BAB 2	KAJIAN ILMIAH
2.1	Motor Arus Terus (AT) 7
2.2	Litar Jambatan-H 11
2.3	Mekanisme Suap balik 15
2.4	Mikropengawal 17
BAB 3	REKA BENTUK
3.1	Papan Aplikasi Asas, PIC16F877 24
3.2	Aturcara Kawalan 28
3.3	Litar Jambatan-H 31
3.4	Litar Fotopengesan 35
BAB 4	UJIAN DAN KEPUTUSAN
4.1	Papan Aplikasi Asas, PIC16F877 38
4.2	Litar Jambatan-H 40
4.3	Litar Fotopengesan 44
BAB 5	PENUTUP
5.1	Perbincangan 46

5.2	Masalah yang Dihadapi	47
5.3	Cadangan Memajukan Projek	48
5.4	Kesimpulan	49
RUJUKAN		50
LAMPIRAN A:	HELAIAN DATA KOMPONEN PROJEK	51

SENARAI RAJAH

Bilangan	Tajuk	Muka surat
Rajah 1.1	Sistem kawalan Motor AT menggunakan PIC16F877	2
Rajah 1.2	Carta alir perjalanan projek.	4 & 5
Rajah 2.1	Struktur motor AT berus (2 kutub).	8
Rajah 2.2	Motor AT berus magnet kekal.	10
Rajah 2.3	Isyarat PWM dengan kitar tugas yang berbeza.	11
Rajah 2.4	Litar pemacu (Jambatan-H) motor AT dua arah.	12
Rajah 2.5	Pengekod Optik.	16
Rajah 2.6	Litar asas pengesan fotosel.	17
Rajah 2.7	Soket penyuai untuk PIC 40 pin keluaran.	20
Rajah 2.8	Perkakasan Pemrograman EPIC.	21
Rajah 2.9	Pin PIC16F877.	22
Rajah 3.1	Sambungan komponen asas dalam litar aplikasi PIC16F877.	24
Rajah 3.2	Litar skematik aplikasi asas PIC16F877.	26
Rajah 3.3	Pemasangan litar aplikasi asas PIC16F877 di atas papan reka.	27
Rajah 3.4	Papan litar tercetak (PCB) untuk litar aplikasi litar PIC.	27
Rajah 3.5	Litar Jambatan-H.	31
Rajah 3.6	Litar penyelakuan Jambatan-H melalui ORCAD 9.1	32
Rajah 3.7	Jenis transistor yang berbeza.	33
Rajah 3.8	Litar Jambatan-H disambungkan di atas papan reka.	34
Rajah 3.9	Litar fotopengesan.	35
Rajah 3.10	Litar penyelakuan fotopengesan.	36
Rajah 3.11	Binaan litar fotopengesan di atas papan reka.	37

Rajah 4.1	Aturcara mudah untuk menyalakan LED.	38
Rajah 4.2	Sambungan LED dengan PIC16F877.	39
Rajah 4.3	Graf keluaran voltan dan arus motor ketika laluan arus ke hadapan.	41
Rajah 4.4	Graf keluaran voltan dan arus motor ketika laluan arus balikan.	41
	(a) Bentuk gelombang voltan masukan, 5Vdc.	42
	(b) Gelombang voltan keluaran (motor) ketika laluan arus balikan (kitar tugas = 50%).	42
Rajah 4.5	(c) Gelombang voltan keluaran (motor) ketika laluan arus ke hadapan (kitar tugas = 50%).	42
	(a) Gelombang voltan keluaran (motor) ketika laluan arus balikan (kitar tugas = 70%).	43
Rajah 4.6	(b) Gelombang voltan keluaran (motor) ketika laluan arus ke hadapan (kitar tugas = 70%).	43
Rajah 4.7	Keputusan ujian litar fotopengesan (skala 5V).	44
Rajah 4.8	Keputusan penyelakuan litar fotopengesan melalui ORCAD 9.1	45

SENARAI JADUAL

Bilangan	Tajuk	Muka surat
Jadual 2.1	Mod operasi litar Jambatan-H.	13
Jadual 3.1	Senarai komponen untuk litar asas PIC.	25
Jadual 3.2	Senarai komponen untuk litar H-Bridge.	33
Jadual 3.3	Senarai komponen untuk litar fotopengesan.	37
Jadual 4.1	Keputusan V_{DC} , V_{motor} dan I_{motor} keluaran.	40

PENGHARGAAN

Assalamualaikum w.b.t.

Bersyukur saya ke hadrat Ilahi kerana dengan limpah kurnia dan izinNya maka dapatlah saya menyiapkan Projek Tahun Akhir ini dengan sepenuhnya.

Pertama sekali saya ingin merakamkan jutaan terima kasih kepada penyelia projek saya, Dr. Anwar Hasni yang sentiasa memberikan bimbingan dan tunjuk ajar kepada saya dalam memastikan agar projek ini dapat dilaksanakan dengan baik.

Ucapan terima kasih turut saya rakamkan kepada bekas penyelia projek, Dr. K.S. Rao yang turut membantu saya dalam menyumbangkan idea ketika peringkat pertama projek ini dimulakan.

Saya juga mengambil kesempatan ini untuk mengucapkan terima kasih kepada juruteknik-juruteknik yang terlibat sama ada secara langsung atau tidak langsung, terutamanya dalam penyediaan komponen-komponen yang diperlukan, En. Mohd Naim.

Seterusnya, sekalung penghargaan untuk rakan-rakan seperjuangan yang turut menyumbangkan idea dan tenaga kepada saya sepanjang perjalanan projek ini. Tidak lupa juga kepada kedua ibu dan bapa saya yang sentiasa memberikan semangat dan dorongan sepanjang perjalanan projek ini, agar saya tidak berputus asa.

Akhir kata, saya ucapkan terima kasih yang tidak terhingga kepada semua individu yang terlibat secara langsung atau tidak langsung dalam menjayakan projek ini. Sememangnya jasa kalian semua, amat saya hargai.

BAB 1

Pengenalan

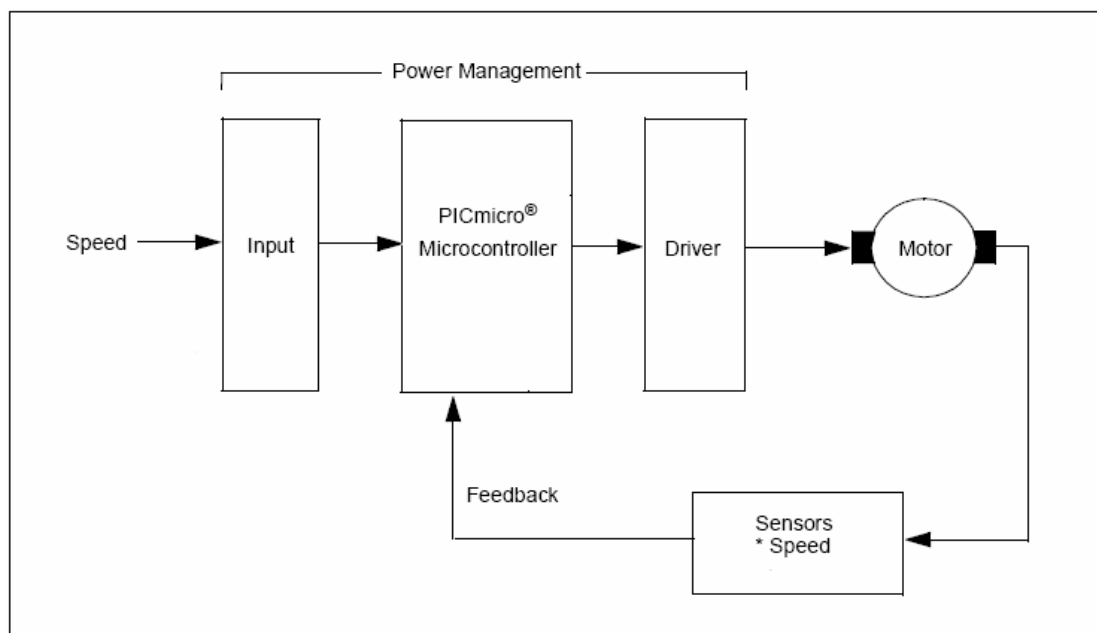
1.1 Objektif

Matlamat utama projek ini dilakukan ialah untuk menghasilkan suatu sistem kawalan kelajuan Motor Arus Terus (AT) dengan menggunakan bantuan mikropengawal. Reka bentuk sistem ini melibatkan gabungan beberapa litar dan litar-itar ini akan menjalankan fungsi masing-masing serta saling mempengaruhi. Secara keseluruhannya, objektif projek ini ialah :

1. Merekabentuk litar aplikasi asas untuk membolehkan mikropengawal PIC16F877 berfungsi, serta mampu berinteraksi dengan litar-itar lain yang akan disambungkan ke pin-pin mikropengawal yang tertentu bagi menjalankan fungsi-fungsi yang tertentu.
2. Membina litar pemacu motor yang dikenali sebagai Jambatan-H (H-Bridge). Reka bentuk litar ini berupaya untuk meningkatkan arus isyarat kawalan ke suatu nilai arus yang dapat memacu motor. Maka, arah pusingan motor AT akan dapat dikawal sama ada melawan arah jam atau sebaliknya.
3. Merekabentuk litar asas foto pengesan yang berfungsi sebagai pengesan cahaya yang melalui roda lubang alur pada aci motor. Isyarat keluaran yang diterima akan dihantar sebagai masukan suap balik bagi mikropengawal.
4. Menyediakan aturcara kawalan melalui perisian *PICBasic Pro Compiler* dan seterusnya diprogramkan ke dalam cip pengawal PIC16F877 untuk membolehkan ia menjalankan fungsi yang tertentu terhadap litar yang tertentu. Menggabungkan kesemua litar reka bentuk dan disambungkan ke pin-pin mikropengawal yang tertentu untuk membentuk sebuah sistem pengawal motor.

1.2 Latar Belakang Projek

Projek ‘Pengawal Kelajuan Motor Arus Terus (AT) dengan menggunakan Mikropengawal PIC16F877’ merupakan sebuah projek yang telah melibatkan gabungan beberapa bentuk litar yang telah diubahsuai mengikut spesifikasi-spesifikasi yang tertentu untuk membolehkan interaksi antara setiap litar dapat berfungsi dengan baik. Secara umumnya, skop kajian projek ini adalah berdasarkan kepada bentuk isyarat serta ciri-ciri isyarat voltan termasuklah arus yang dibekalkan untuk memacu sebuah motor AT. Gambar rajah blok ringkas bagi projek ini ditunjukkan di dalam Rajah 1.1 berikut.

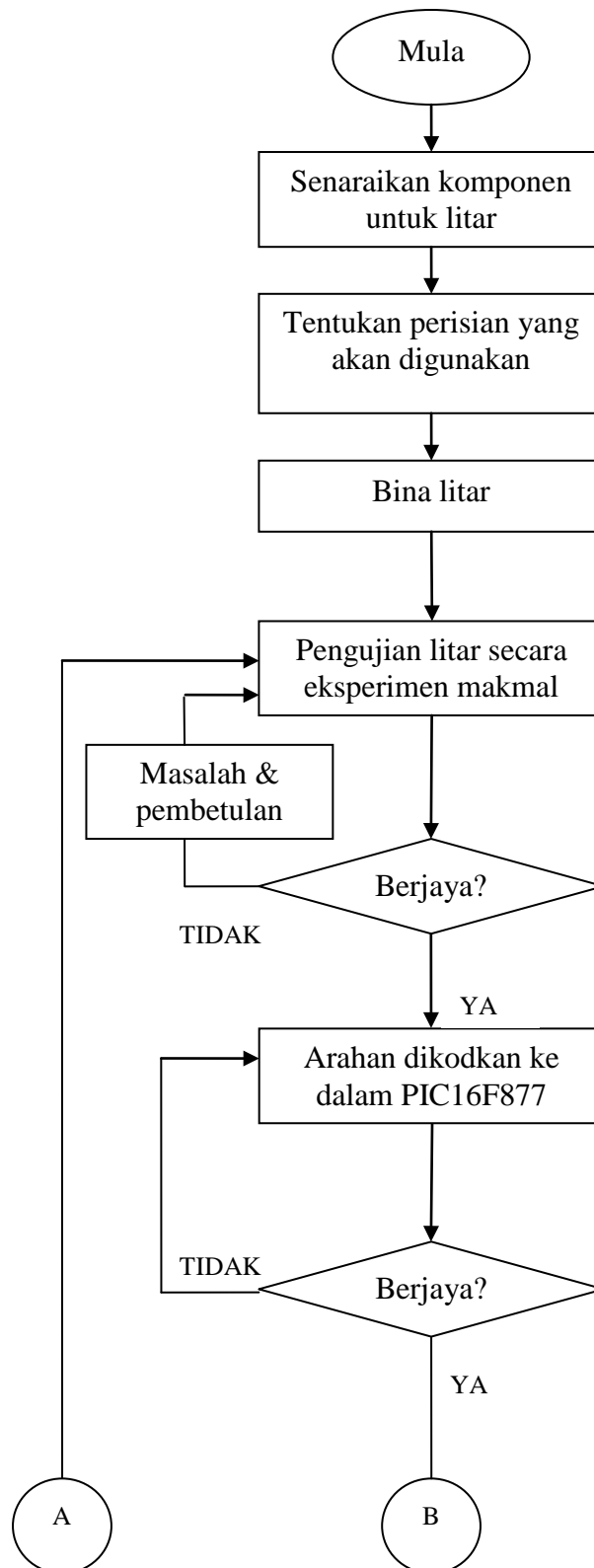


Rajah 1.1: Sistem kawalan Motor DC menggunakan PIC16F877. [Ruj. 9, Jim Lepkowski]

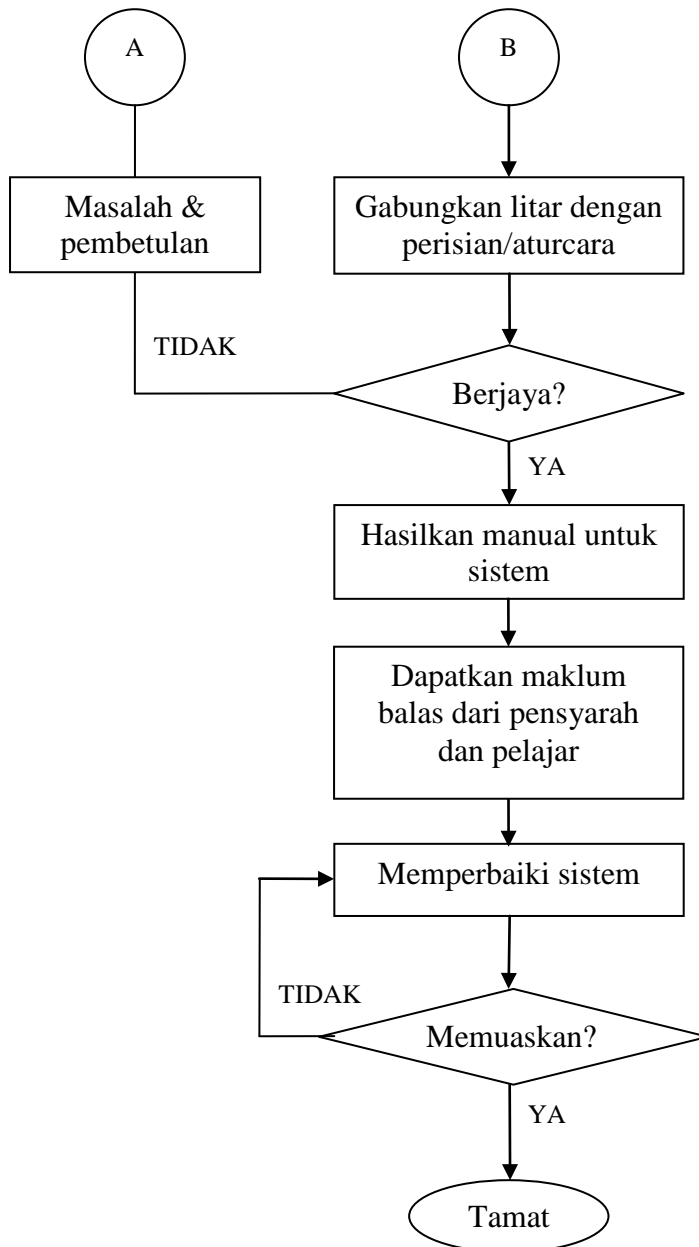
Berpandukan Rajah 1.1, perjalanan sistem projek ini dapat dijelaskan dengan lebih mudah. Apabila sumber kuasa 12V dikenakan pada motor, motor akan berfungsi dengan kelajuan yang tertentu. Dengan bantuan litar fotopengesan, rintangan cahaya akan dikesan mengikut pusingan motor/minit. Sekeping piring nipis yang mempunyai beberapa lubang telah dipasang pada aci motor dengan kedudukannya yang diletakkan di antara perintang pengesan cahaya (LDR) dan juga diod pengeluar cahaya (LED). Dengan ini, kelajuan motor akan dapat dikesan berdasarkan bilangan denyut yang diterima, dan seterusnya isyarat keluaran dalam bentuk voltan akan dihantar sebagai masukan semula ke mikropengawal untuk diproses.

Oleh itu, konsep projek ini menggunakan suatu sistem kawalan yang dipanggil sebagai sistem kawalan gelung tertutup. Sistem kawalan gelung tertutup merupakan sistem yang banyak digunakan dalam industri, di mana ia merupakan satu sistem yang melibatkan suap balik bagi memastikan bahawa keadaan yang diset dapat diperolehi. Suap balik di sini bermaksud, terdapat sejenis penderia yang akan mengumpul data untuk diperhatikan dan kemudiannya menghantar data tersebut ke pemproses untuk dibuat keputusan. Sistem kawalan gelung tertutup adalah sistem yang tertuju khas ke mikropengawal di mana mikropengawal tersebut yang memerhatikan dan mengawal keadaan sekitar sistem. Dengan ini, sistem tersebut tidak akan dapat digunakan untuk tujuan atau fungsi yang lain.

Rajah 1.2 (a) dan (b) menunjukkan carta alir yang dibina sebagai panduan untuk melaksanakan projek. Reka bentuk kesemua litar di dalam projek ini adalah mengikut prosedur atau turutan langkah yang terdapat seperti di dalam carta alir tersebut. Dengan cara ini, proses reka bentuk untuk setiap litar akan menjadi lebih teratur.



Rajah 1.2: (a) Carta alir perjalanan projek.



Rajah 1.2: (b) Carta alir perjalanan projek (sambungan).

1.3 Panduan Laporan

Secara ringkasnya, laporan ini mengandungi lima bab yang telah dikelaskan mengikut skop perbincangan dan urutan pelaksanaan projek. Dalam bab pengenalan ini telah dinyatakan secara ringkas berkenaan objektif dan latar belakang projek. Ini bertujuan untuk memberi kefahaman tentang tujuan, skop kajian serta pelaksanaan projek. Dalam Bab 2 pula melibatkan kajian tentang teori dan juga prinsip operasi asas untuk setiap litar yang terlibat dan juga komponen motor arus terus (AT) secara umum. Tujuan Bab 2 ini diadakan ialah untuk memudahkan pemahaman berkenaan perkaitan isyarat yang akan dijana oleh setiap litar dengan beban motor yang digunakan. Oleh itu, kajian terhadap prinsip operasi asas setiap litar amatlah penting untuk membolehkan interaksi yang baik antara satu sama lain. Bab 3 menerangkan tentang proses dan juga peringkat yang dilalui untuk setiap reka bentuk litar dan juga aturcara yang terlibat dalam penyediaan program untuk mikropengawal. Bab 4 pula mendedahkan perihal keputusan yang diperolehi untuk setiap ujian yang dilakukan sama ada secara proses penyelakuan yang melibatkan penggunaan perisian ORCAD dan juga Eagle ataupun keputusan melalui ujian di makmal. Seterusnya ialah Bab 5 yang melibatkan perbincangan hasil untuk keputusan yang diperolehi, masalah-masalah yang dihadapi serta cadangan untuk memajukan projek ini di masa hadapan. Akhir sekali, di dalam bab ini juga turut terdapat kesimpulan berkenaan hasil projek ini.

BAB 2

KAJIAN ILMIAH

2.1 MOTOR ARUS TERUS (AT)

2.1.1 Pengenalan

Motor AT merupakan sejenis motor yang banyak digunakan di dalam industri dan juga aplikasi pengguna dengan ciri kawalan yang berbeza. Di dalam kebanyakan kes, kepersisan mutlak dalam pergerakan motor bukanlah suatu isu, tetapi apabila melibatkan kepersisan kelajuan kawalan motor ia amatlah dititikberatkan.

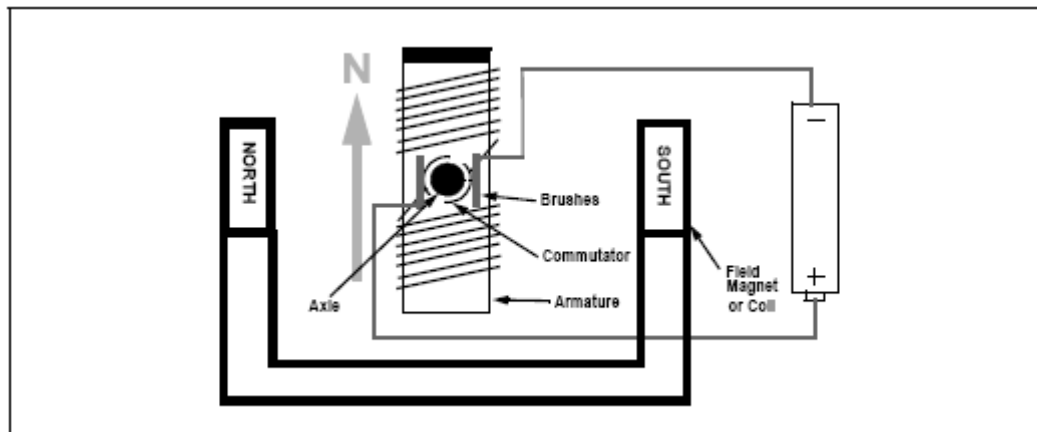
Sebagai contoh, sebuah motor AT di dalam pemain kaset adalah dijangkakan untuk beroperasi pada kelajuan yang malar. Ia tidak memerlukan motor ini untuk beroperasi dengan kelajuan yang semakin meningkat. Walau bagaimanapun, sesetengah aplikasi motor juga memerlukan kawalan yang melibatkan kedudukan motor. Antara contoh motor yang memerlukan kawalan pergerakan motor ialah mesin pencetak, pemacu disket, dan juga dalam aplikasi robot.

Secara asasnya motor adalah sejenis transduser, perkakasan yang menukarkan tenaga dari satu bentuk ke bentuk yang lain. Dalam konsep ini, motor akan menukarkan tenaga elektrik kepada tenaga mekanikal. Isyarat elektrik yang dibekalkan akan menyebabkan motor bergerak secara fizikal.

Terdapat beberapa jenis motor AT sama ada jenis motor pirau, motor siri, motor penguja terpisah dan juga motor majmuk. Di antara pelbagai jenis motor ini, ada yang besar dan ada juga motor yang agak kecil. Di mana sesetengahnya hanya boleh bergerak dengan beban yang kecil, manakala motor yang memerlukan arus yang besar mampu menanggung beban yang agak besar. Secara asasnya, semua motor adalah sama kecuali prinsip operasi motor yang agak berbeza.

2.1.2 Operasi Motor

Struktur ringkas binaan sebuah motor AT dengan berus adalah seperti yang ditunjukkan dalam Rajah 2.1 di sebelah. Semua motor AT dengan berus dibina dari komponen-komponen asas seperti: pemegun, pemutar, berus dan penukar tertib.



Rajah 2.1 : Struktur motor AT berus (2 kutub). [Ruj. 7, Reston Condit]

2.1.2.1 Pemegun

Pemegun menjanakan medan magnet pegun yang akan mengelilingi pemutar. Medan ini dijanakan sama ada oleh magnet kekal ataupun belitan elektromagnet. Jenis motor AT berus yang berbeza boleh dikenal pasti melalui binaan bagi pemegun atau kaedah belitan elektromagnet disambungkan ke punca kuasa.

2.1.2.2 Pemutar

Pemutar di dalam motor turut dipanggil sebagai anker, yang dibina daripada satu atau lebih belitan. Apabila belitan-belitan ini diuja, medan magnet akan terhasil. Kutub magnet bagi pemutar akan tertarik ke arah kutub berlawanan yang dijanakan oleh pemegun, lalu menyebabkan pemutar untuk berputar. Semasa motor berputar, belitan tersebut akan dibekalkan tenaga secara berterusan tetapi dalam turutan yang berbeza. Oleh itu, kutub magnet yang terjana oleh pemutar tidak lari lebih dari kutub yang terjana oleh pemegun. Pensuisan medan di dalam belitan pemutar ini dipanggil sebagai konsep penukar tertiban.

2.1.2.3 Berus dan Penukar tertib

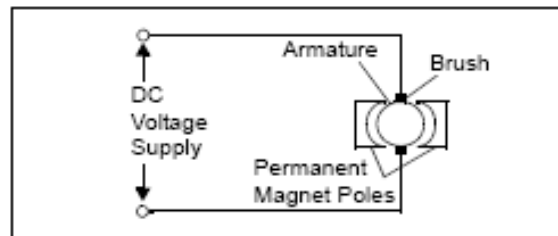
Tidak seperti jenis motor elektrik yang lain (i.e., motor AT tanpa berus, motor aruhan ulang-alik), motor AT berus tidak memerlukan suatu pengawal untuk menukar arus di dalam belitan motor. Ini kerana, penukar tertiban bagi belitan-belitan motor AT berus dilakukan secara mekanikal. Satu sarung kuprum teruas, yang dipanggil penukar tertib, dipasang pada gandar motor AT berus. Apabila motor berputar, berus-berus karbon akan bergesel dengan permukaan penukar tertib, di mana setiap berus tersebut akan bertemu dengan ruas penukar tertib yang berbeza. Ruas-ruas tersebut telah disambungkan kepada belitan-belitan pemutar yang berbeza, oleh itu suatu medan magnet dinamik akan terjana di dalam motor apabila voltan dibekalkan terhadap berus-berus motor tersebut. Ini adalah penting untuk memastikan bahawa berus dan penukar tertib adalah bahagian motor AT berus yang cenderung dan sesuai untuk digunakan kerana ianya menggelongsor melepasi antara satu sama lain.

Di dalam projek ini, jenis motor AT yang digunakan adalah motor AT magnet kekal dan arah pusingan yang konvensional untuk motor jenis RS387-9737 ini ialah melawan arah jam (sambungan dari positif ke negatif terminal motor). Motor AT bermagnet kekal digunakan dengan meluas di dalam pelbagai aplikasi yang melibatkan punca kuasa rendah. Di dalam motor AT bermagnet kekal ini, belitan medan yang terdapat pada motor AT konvensional digantikan dengan magnet kekal di mana menghasilkan binaan yang lebih ringkas. [1,2]

2.1.3 Motor AT Berus Magnet Kekal

Motor AT berus magnet kekal adalah sejenis motor AT berus yang sangat biasa digunakan dan banyak ditemui di seluruh dunia. Motor jenis ini menggunakan magnet kekal untuk menghasilkan medan magnet pada pemegun. Secara umumnya, motor AT berus magnet kekal ini digunakan di dalam aplikasi yang melibatkan pecahan kuasa kuda kerana adalah lebih menjimatkan kos untuk menggunakan magnet kekal berbanding dengan melilit pemegun. Salah satu kelemahan motor AT berus magnet kekal ini adalah magnet pada motor tersebut akan berkurangan sifat magnetnya dalam tempoh masa yang tertentu.

Oleh itu untuk menghalang perkara tersebut berlaku, sesetengah motor AT berus magnet kekal ini mempunyai belitan yang dibina di dalamnya. Lengkung prestasi (voltan melawan laju), adalah malar untuk motor ini. Malahan, motor ini juga bertindak balas dengan pantas terhadap perubahan voltan kerana medan magnet bagi pemegun adalah malar.



Rajah 2.2 : Motor AT berus magnet kekal. [Ruj. 7, Reston Condit]

2.1.4 Teknik Kawalan Motor Menggunakan Kaedah Pemodulatan Lebar Denyut, PWM

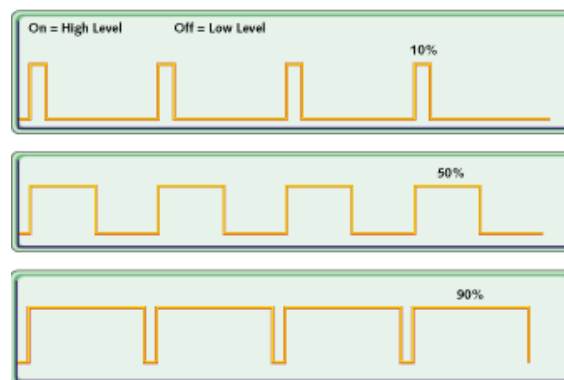
Kawalan pemodulatan lebar denyut, PWM ataupun kawalan kitar tugas merupakan salah satu kaedah yang digunakan untuk mengawal arah dan kelajuan motor dalam pelbagai aplikasi. Melalui kaedah ini, variasi lebar dalam deretan denyut arus terus dibekalkan ke angker motor [10].

Motor arus terus kebiasaannya dipilih dalam kebanyakan reka bentuk robot disebabkan oleh satu-satunya sumber bekalan kuasa arus terus yang digunakan dalam reka bentuk sebuah robot adalah bateri. Penukaran sumber arus terus (AT) ini kepada arus ulang-alik (AC) akan memerlukan litar tambahan sekali gus akan mengurangkan kecekapan serta jangka hayat bateri.

Kawalan kelajuan sebuah motor arus terus memerlukan voltan (AT) yang berubah-ubah. Sebagai contoh, sebuah motor (AT) 12 V yang dibekalkan kuasa penuh 12 V akan menyebabkan ia berputar pada kelajuan maksimumnya. Tetapi, oleh sebab motor tidak akan memberikan sambutan secara serta-merta, ia akan mengambil tempoh yang singkat untuk mencapai kelajuan maksimumnya bergantung pada jenis motor yang digunakan. Hal yang sama juga berlaku apabila kuasa yang dibekalkan ke motor dihentikan. Angker motor tidak akan serta-merta berhenti apabila sumber kuasa dimatikan yang mana terdapat satu tempoh

masa sebelum angker motor tersebut berhenti berputar. Oleh hal yang demikian, perubahan BUKA dan TUTUP bagi sumber bekalan dalam tempoh yang singkat ke motor ini akan menyebabkan motor beroperasi pada satu tahap kelajuan di antara sifar ke kelajuan maksimumnya.

Operasi yang dinyatakan dapat dilaksanakan dengan menggunakan isyarat pemodulatan lebar denyut, PWM. Sumber bekalan kuasa ke motor akan dikawal oleh deretan denyut isyarat PWM seperti yang ditunjukkan di dalam Rajah 2.3. Kelajuan motor pula bergantung pada lebar denyut isyarat tersebut, iaitu tempoh sumber bekalan kuasa dibekalkan ke motor. Semakin luas lebar denyut yang dijana, maka kelajuan motor juga meningkat.



Rajah 2.3: Isyarat PWM dengan kitar tugas yang berbeza.

2.2 LITAR JAMBATAN-H (H-BRIDGE)

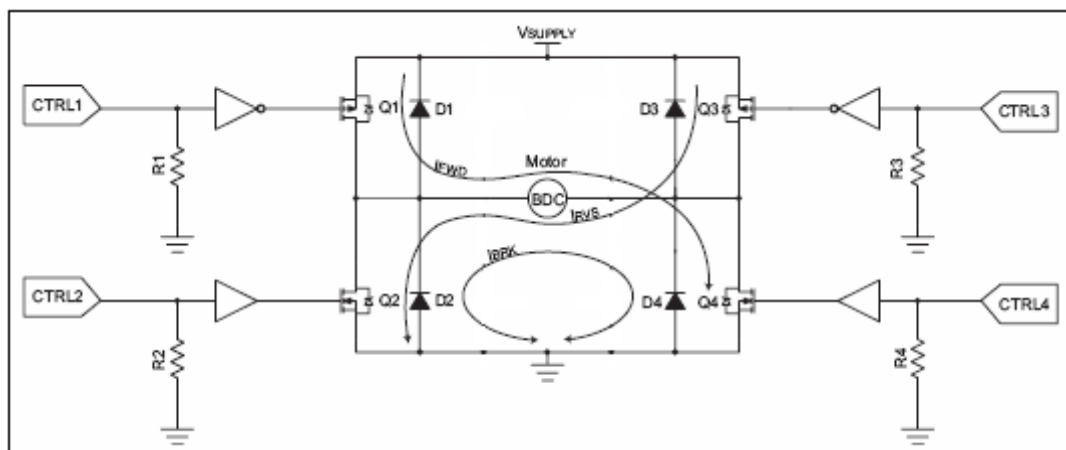
2.2.1 Pengenalan

Litar pemacu banyak digunakan dalam aplikasi di mana suatu jenis pengawal digunakan dan memerlukan laju motor untuk dikawal. Tujuan satu litar pemacu adalah untuk memberikan laluan kepada pengawal bagi mengubah arus di dalam belitan motor arus terus (AT) berus yang digunakan. Di dalam projek ini, litar pemacu yang dibina akan membenarkan pengawal untuk memodulat lebar denyut bekalan voltan kepada motor arus terus (AT). Dari segi penggunaan kuasa, kaedah kawalan laju jenis ini adalah satu cara yang jauh lebih efisien untuk mengubah laju motor arus terus (AT) berus jika dibandingkan dengan kaedah kawalan analog tradisional. Kaedah kawalan analog tradisional memerlukan penambahan satu perintang boleh ubah yang tidak efisien dan disambung sesiri dengan motor.

Motor arus terus (AT) terus boleh dipacu dengan pelbagai cara. Dalam sesetengah kes, motor tersebut hanya diperlukan untuk berputar pada satu arah sahaja. Manakala dalam kebanyakan kes, motor arus terus (AT) ini diperlukan untuk berputar pada dua arah pusingan yang berlawanan. Oleh itu, untuk membenarkan motor berpusing pada dua arah yang berbeza, satu litar yang dikenali sebagai litar Jambatan-H digunakan [2,6].

Rajah 2.4 menunjukkan skematik litar penukar AT-AU dalam topologi Jambatan-H. ‘Jambatan-H’ adalah nama yang bersempena dengan sambungan skematik litar tersebut, yang membenarkan laluan arus dalam mana-mana arah melalui belitan motor.

Secara umumnya, litar ‘Jambatan-H’ merupakan satu litar yang menggunakan konsep penukaran arus tetap (AT) ke arus ulang alik (AU) yang dipanggil sebagai litar penyongsang atau litar inverter. Fungsi suatu litar inverter ialah untuk menukar voltan arus tetap (AT) masukan ke voltan keluaran ulang alik (AU) yang simetri. Voltan keluaran yang dihasilkan mempunyai nilai magnitud yang dikehendaki. Perubahan voltan keluaran boleh dihasilkan pada frekuensi tetap ataupun pada frekuensi berubah [2].



Rajah 2.4: Litar pemacu (Jambatan-H) motor AT dua arah. [Ruj. 7, Reston Condit]

Di dalam projek ini, topologi penukar kuasa AT/AU tetimbang penuh satu fasa diguna dan diadaptasikan terhadap litar Jambatan-H. Berpandukan kepada Rajah 2.3, litar ini mempunyai empat suis yang terdiri dari peranti MOSFET. Walau bagaimanapun, peranti-peranti lain seperti BJT, IGBT, dan juga MCT boleh juga digunakan untuk mengawal masa buka dan tutup [2]. Beban motor AT yang terdapat pada litar dalam Rajah 2.3 juga boleh

digantikan dengan perintang, R ataupun induktif iaitu gabungan R dan L, untuk menerangkan konsep operasi litar.

2.2.2 Operasi Litar H-Bridge

Prinsip operasi litar ‘H-Bridge’ boleh difahami dengan mudah sekiranya, litar tersebut dibahagikan kepada dua bahagian atau dikenali sebagai tetimbang separuh. Berpandukan kepada Rajah 2.4, Q1 dan Q2 membina struktur litar satu tetimbang separuh sementara Q3 dan Q4 membina satu lagi struktur litar tetimbang separuh yang lain. Setiap bahagian litar tetimbang separuh ini berupaya untuk mengendalikan satu bahagian bagi motor DC ke terminal voltan bekalan ataupun terminal bumi. Perbezaan mod pacuan untuk litar Jambatan-H, boleh ditunjukkan seperti di dalam Jadual 2.1 di bawah.

Jadual 2.1: Mod operasi litar Jambatan-H. [Ruj. 7, Reston Condit]

	Q1 (CTRL1)	Q2 (CTRL2)	Q3 (CTRL3)	Q4 (CTRL4)
Ke Depan	Buka	Tutup	Tutup	Buka
Ke Belakang	Tutup	Buka	Buka	Tutup
Berhenti	Tutup	Tutup	Tutup	Tutup
Brek	Tutup	Buka	Tutup	Buka

Berdasarkan rajah yang ditunjukkan juga, didapati bahawa peranti MOSFET digunakan sebagai suis pengawal iaitu untuk mengawal pemaasan BUKA dan TUTUP di dalam operasi litar. Keadaan suis berada dalam keadaan buka dan tutup di dalam litar H-Bridge ini, adalah bertujuan untuk memastikan 1 polariti voltan yang betul merentasi terminal motor.

Oleh itu, arus akan mengalir melalui motor dalam arah polariti voltan tersebut. Apabila Q1 BUKA (ON) dan Q2 TUTUP (OFF), maka bahagian sebelah kiri motor akan berada pada upaya yang sama dengan voltan bekalan. Sebaliknya, apabila Q4 BUKA (ON) dan Q3 TUTUP (OFF), maka bahagian motor yang berlawanan akan bersambung dengan

terminal bumi dalam litar tersebut. Arah anak panah yang berlabel I_{FWD} menunjukkan keputusan pengaliran arus ke depan bagi konfigurasi ini.

Dalam mod ke depan dan mod ke belakang sebelah bahagian litar tetimbang dikenakan dengan beza upaya bumi manakala sebelah bahagian litar tetimbang yang bertentangan dikenakan dengan upaya voltan bekalan (V_{SUPPLY}). Merujuk kepada Rajah 2.3, anak panah I_{FWD} dan I_{RVS} mengilustrasikan laluan arus semasa mod operasi Ke Depan dan Ke Belakang. Semasa dalam mod Berhenti, belitan motor yang paling hujung akan dibiarkan terapung tanpa ada sambungan dan keadaan ini menyebabkan motor berada dalam keadaan berhenti. Ketika berada dalam mod Brek, hujung sebelah motor akan dibumikan. Ini menyebabkan motor bersifat sebagai penjana apabila ia berpusing. [2,7] Tetapi, sekiranya terdapat lebih daripada 2 suis TUTUP atau BUKA pada suatu masa litar pintas akan berlaku dan motor akan berhenti serta-merta yang dikenali sebagai dinamik brek.

Didapati bahawa setiap peranti MOSFET akan disambungkan secara selari dengan diod (D1-D4). Kesemua diod ini adalah bertujuan untuk memberi perlindungan terhadap peranti MOSFET dari pepaku arus yang terjana oleh fluks elektromagnet balikan (*Back Electromagnetic Flux*, BEMF) apabila suis MOSFET ditutup. [7,9]

2.2.3 Pemilihan komponen

Antara faktor yang mempengaruhi pemilihan komponen terutamanya bagi transistor ialah dari segi voltan operasi, arus dan juga kos yang terlibat. Namun demikian, dua faktor utama yang diambil kira ialah dari segi kapasiti arus dan juga kos. Dalam projek ini, reka bentuk yang dibina mestilah kos efektif dan juga mampu mengawal pelbagai jenis motor dalam kadar 6-15 Volt dan arus yang tidak melebihi nilai 5mA.

2.3 MEKANISME SUAP BALIK

2.3.1 Pengenalan

Walaupun secara umumnya, kelajuan motor AT adalah berkadar terus dengan kitar tugas, namun begitu tiada motor yang ideal. Haba, penggunaan penukar tertib dan beban kesemuanya akan memberikan kesan terhadap kelajuan sesebuah motor. Bagi suatu sistem yang memerlukan kawalan laju yang persis, ia merupakan suatu idea yang baik untuk melibatkan suatu mekanisme suap balik di dalam sistem tersebut.

Laju suap balik boleh dilaksanakan melalui salah satu dari dua cara. Pertama ialah sama ada melibatkan penggunaan penderia laju atau yang keduanya dengan menggunakan voltan fluks elektromagnet balikan (*Back Electromagnetic Flux*, BEMF) yang terjana oleh motor [7].

Penderia merupakan suatu komponen yang kritikal di dalam sistem kawalan motor. Ia digunakan untuk mengesan arus, kedudukan, halaju dan arah pusingan motor. Kemajuan terkini dalam teknologi penderia telah banyak memperbaiki kelemahan dari segi kejituan dan kebolehpercayaan sesuatu penderia, malahan turut membantu mengurangkan kos. Kini, terdapat pelbagai jenis penderia yang mengintegrasikan penderia dan litar penyesuai isyarat ke dalam satu pakej tunggal.

Dalam kebanyakan sistem kawalan motor, beberapa penderia banyak digunakan sebagai masukan suap balik kepada motor. Penderia sebegini digunakan di dalam kawalan gelung untuk memperbaiki kebolehpercayaan dengan mengesan keadaan gagal yang boleh merosakkan motor.

2.3.2 Litar Penderia Suap balik

Terdapat pelbagai jenis penderia yang boleh digunakan sebagai masukan suap balik untuk kelajuan motor. Antara yang biasa digunakan adalah pengekod optik. Pengekod optik boleh dibina dengan menggunakan beberapa komponen yang ringkas dan mudah untuk didapati. Rajah 2.5 menunjukkan konsep kedudukan suatu sistem pengekod optik.